维普资讯 http://www.cqvip.com

某型飞机导航误差对CCD稳瞄系统目标搜索域的影响

曾 庆 云

(洪都航空工业集团650所)

摘 要 分析了DG-1型多普勒/GPS组合导航系统,在不同工作方式下导航误差所引起的搜索方位角的误差;讨论了由于搜索方位角的变化引起的搜索域的变化。通过对机理的研究提出了解决办法。

关键词 搜索方位角 搜索域 导航误差

Influence of Some Aircraft Navigation Error on Target Searching Field of CCD Aiming-Sabilizing System

Zeng Qingyun

(650 Institute, Hongdu Aviation Industry Group)

Abstract This paper is to analyze that the navigation error generated by the DG-1 DOPPLER/GPS combined navigation system under the different operation modes causes the error of searching azimuth angle and to discuss that the deviation of searching azimuth angle causes the searching field change. Through the study of mechanism, the corresponding solving method is put forward.

Keywords Searching azimuth angle Searching field Navigation error

1 引 言

利用电视摄像头搜索目标,以提高目标的命中精度,电视摄像头对目标捕获能力的大小,分为电视摄像头对目标的搜索能力和对目标的跟踪能力,导航精度的高低会影响飞机对目标搜索到的概率。本文讨论位置误差与航向误差所造成的对目标搜索的影响。

2 搜索域的概念

维普资讯 http://www.cqvip.com

将电视摄像头视场角 α 与有效作用距离 D_m 所决定的空间区域称为捕获区。但是，事实上捕获目标概率的高低，不仅与视场角 α 与有效作用距离 D_m 有关，而且与信息传输率、目标在电视摄像头视场内停留的时间、背景条件等均有关。考虑到上述各种影响因素，就给捕获区增加了很多约束条件，在诸约束条件之下，电视摄像头仍能探测并识别目标的可能捕获区称之为有效捕获区，简称捕获域。

搜索域是指飞机在搜索目标的过程中，由于电视摄像头的扫描运动和飞机的控制飞行所得到的连续变化的捕获域的集合。

3 目标搜索方式

某型飞机接近目标区时，利用 CCD 稳瞄系统，可选择“电视跟踪模式”或“固定程序扫描模式”，对目标进行搜索、识别。

在电视跟踪模式下，要求飞行员对目标区域图像非常熟悉，飞行员根据看到的背景图像用俯仰和航向指令，使稳瞄系统转向目标可能存在的区域，发现目标后切换到小视场，放大目标图像。选定瞄准点锁定。

在固定程序扫描模式下，如果飞行员无法判断目标的方位，可让稳瞄系统进入固定程序扫描，飞行员仔细观察扫描图像，确认目标出现后，俘获目标并调整稳瞄系统指向目标，然后切换到小视场，放大目标图像，选定瞄准点并锁定。

在上述两种搜索方式中，目标区域图像的获得，都是在电视摄像头搜索目标的过程中产生的，在搜索过程中，电视摄像头搜索方位角的变化，对搜索域产生直接的影响。

4 搜索方位角

搜索方位角，是在电视摄像头搜索目标时，在方位上摆动的最大角度。飞机用宽视场进行扫描，视场角为 5°，将视场角与地面相交的区域近似看作为圆域，在扫描的一个周期内，视场角与地面相交的区域如图 1 所示。从图中可以看出，飞机在一个扫描周期内飞行的距离近似等于圆域的直径 Dr。图 2 为扫描锥，Dm 为扫描锥的中心轴线。由图 2 可以求出

$$Dr = 2D_m\mathrm{tg}(\alpha/2) = 2D_m\mathrm{tg}2.5，搜索方位角\beta = \frac{\omega Dr}{2V} = \frac{\omega D_m\mathrm{tg}2.5°}{V}。$$

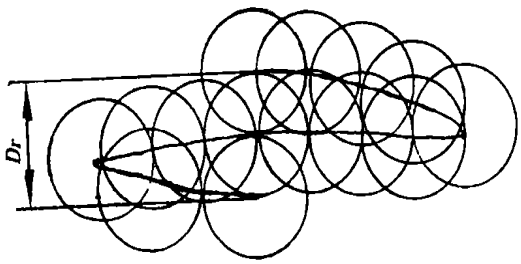

图 1 视场角与地面相交的区域

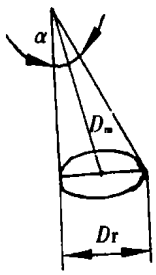

图 2 扫描锥

由于 $D_m \in [10\ \mathrm{km}, 20\ \mathrm{km}]$，电视摄像头转动的角速度为 $\omega = 5°/\mathrm{s}$，飞机飞行的速度为

维普资讯 http://www.cqvip.com

$V \in [100\ m/s, 300\ m/s]$,可以求出搜索方位角 $\beta \in [7.2°, 43.7°]$。

5 搜索方位角偏差

本文主要考虑DG-1型多普勒/GPS组合导航系统的位置误差与航姿仪的航向误差所引起的搜索方位角的偏差。

5.1 误差来源

a. 航姿仪的误差

航姿仪的航向误差为1°.

b. 导航精度

采用DG-1型多普勒/GPS组合导航方式时,位置误差为100 m.

GPS失效时采用纯多普勒导航方式时,位置误差为1.2%D(D为飞机飞行的距离)。

5.2 偏差推导

如图3飞机装定O'点坐标,原本在O'点进行扫描,由于GPS的位置误差,飞机可能达到的点是以O'为中心,以100 m为半径(100 m是由GPS的误差决定)的圆内。在假设电视摄像头的安装与飞机的轴线平行的前提下,如果飞机到达理想位置O',由于O'与M(目标)在同一直线上,则搜索方位角为$O°$,如果飞机到达是A_1点,则飞机的搜索方位角应大于2θ(如图3),θ为A_1M与飞机轴线的夹角,可见由于位置误差所引起的搜索方位角的偏差为2θ。同理,如果飞机到达的是圆内任意点A_X,A_XM与飞机轴线的夹角为θ,位置误差所引起的搜索方位角的偏差为2θ.

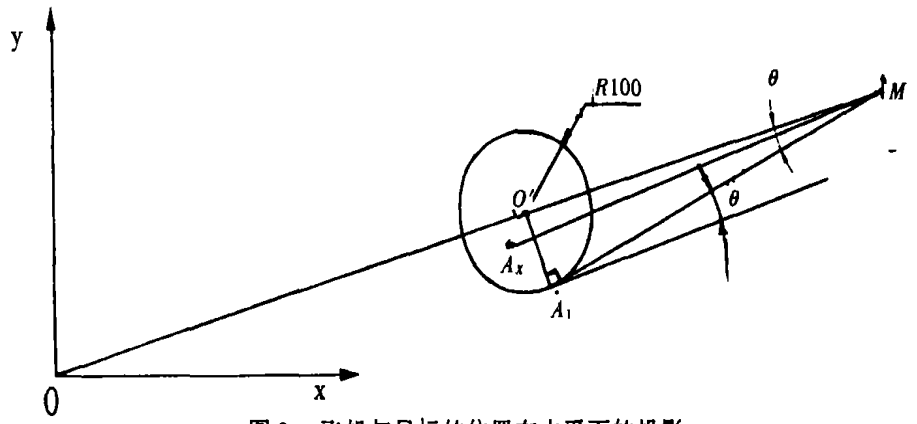

图3　飞机与目标的位置在水平面的投影

由于航姿仪的航向误差所引起的搜索方位角的偏差为$\Delta\varphi = \pm 1°$,所以由GPS的位置误差与航姿仪的航向误差所引起的搜索方位角的偏差为$\Delta\phi = (2\theta \pm \Delta\varphi)$。

5.3 偏差计算

a. DG-1型多普勒/GPS组合导航系统正常工作时,搜索方位角的偏差。

在图3中过M点作圆O'的切线,切点为A_1,由图3可知此时的θ值最大。

$$10\ km \leq A_1M = D_m \leq 20\ km$$

$$O'A_1 = 100\ m$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

所以 $$\theta \leqslant \mathrm{arcthg}\frac{O'A_1}{D_m} = \mathrm{arcg}\frac{100}{10000} = 0.57°$$

搜索方位角的偏差为$\Delta\phi$

$$\Delta\phi_{max} = 2(\theta_{max} + 1°) = 2(0.57 + 1°) = 3.14°$$

则$\Delta\phi \leqslant 3.14°$ 即$\Delta\phi \in [0, 3.14°]$

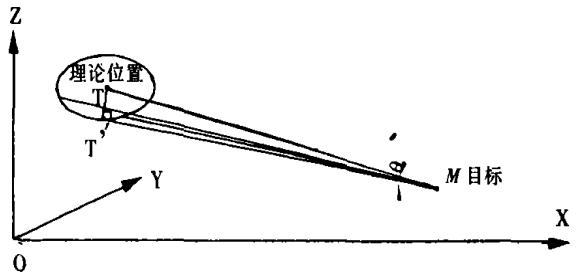

图4 飞机与目标位置的东北天视图

b. GPS 失效,多普勒单独工作时搜索方位角的偏差。

由于 GPS 失效时,多普勒的位置误差为 1.2%D. (D 为飞机飞行的距离),如图 4 所示,飞机装定的位置是理论位置 I, 由于多普勒的位置误差, 则飞机可能到达的区域可能是以 I 为中心, 以 1.2%D 为半径的球, 球内任意点与 M 的连线和直线 IM 的夹角为 θ, 易知当飞机到达 I'时 θ最大,搜索方位角的偏差也最大。此时$\theta = \arcsin\frac{D \times 1.2\%}{D_m}$

所以搜索方位角的偏差为$\Delta\phi = 2\theta = 2\arcsin\frac{D \times 1.2\%}{D_m}$

搜索方位角的偏差见附表,搜索方位偏差值随 D、D_m 的变化见图 5.

附表 搜索方位角的偏差

$\Delta\phi$(°) D_m(km) / D(km)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
200	27.8	25.2	23.1	21.3	19.7	18.2	17.1	16.1	15.2	14.4	13.7
250	34.9	31.6	29.0	26.7	24.7	22.6	21.2	20.0	18.9	17.9	17.1
300	42.2	38.2	34.9	32.2	29.8	27.0	25.4	23.9	22.6	21.5	20.4
350	49.7	44.9	41.0	37.7	34.9	31.1	29.4	27.8	26.3	24.9	23.7
400	57.4	51.7	47.2	43.3	40.1	35.5	33.4	31.5	29.9	28.4	27.0
450	65.4	58.8	53.5	49.1	45.4	39.6	37.3	35.2	33.4	31.7	30.2
500	73.7	66.1	60.0	55.0	50.8	43.6	41.1	38.9	36.9	35.1	33.4
550	82.6	73.7	66.7	61.0	56.3	47.5	44.8	42.4	40.3	38.3	36.5
600	92.1	81.8	73.7	67.3	61.9	51.3	48.5	45.9	43.6	41.5	39.6

维普资讯 http://www.cqvip.com

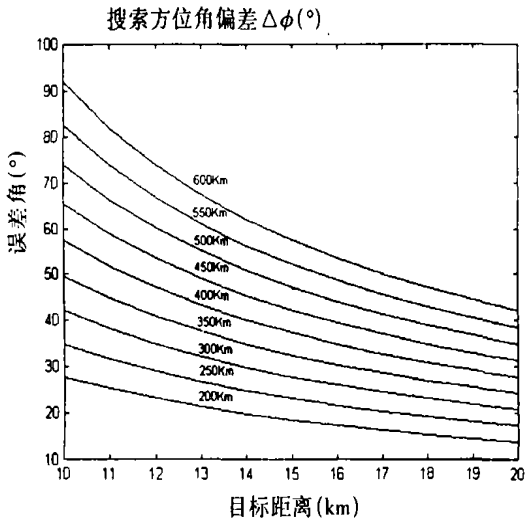

图5　搜索方位角偏差值随D、Dm的变化曲线

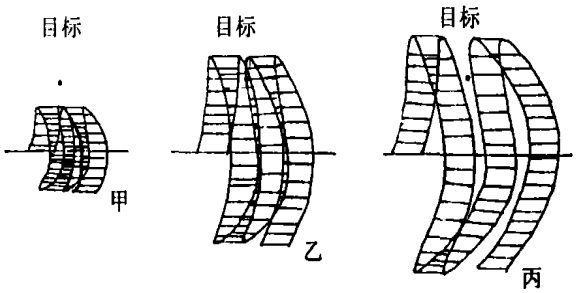

图6　搜索域的三种情况

由附表可知,GPS失效时搜索方位角的偏差误差值在13.7°,92.1°内变化。

6　搜索方位角的偏差对搜索域的影响

只有搜索方位角不同时搜索域可能出现的三种情况见图6。当搜索方位角很小时,搜索域的图形如图6甲,由图6甲可知飞机无法搜索到目标。当搜索方位角很大时,扫描一个周期所用的时间相对来说较长,飞机在一个周期内飞行的距离就大,搜索域的图形就稀,出现"漏扫"的情况(如图6丙),由图6丙可知飞机无法搜索到目标。只有搜索方位角取值恰当时(如图6乙)才能搜索到目标。

由前面的推导搜索方位角$\beta \in [7.2°, 43.7°]$,多普勒/GPS组合导航系统正常工作时的搜索方位角的偏差$\Delta\phi \in [0, 3.14°]$,这个偏差相对搜索方位角$\beta$来说很小,其对搜索域的影响可以忽略。但是,当纯多普勒作用时搜索方位角的偏差$\Delta\phi \in [13.7°, 92.1°]$(具体见附表),由于$\Delta\phi$的作用,搜索方位角增大,可能会出现图6丙的情况。

7　结　　论

本文分析了由GPS的位置误差与航姿仪的航向误差所引起的搜索方位角的偏差,从而进一步讨论了由于搜索方位角的变化引起的搜索域的变化。得出:当多普勒/GPS组合系统正常工作时,搜索方位角的偏差可以忽略;当GPS失效时,搜索方位角的偏差很大,可能引起"漏扫"的情况,在这种情况下,为了避免"漏扫",可以采用以下办法:a. 适当降低飞机飞行速度V;b. 增大视场角;c. 增大扫描角速度ω;d. 加大电视摄像头的有效作用距离Dm。

(收稿日期:2002-03-10)

作者简介　曾庆云,女,1975年12月出生,1999年毕业于北京理工大学。现从事飞机设计工作。